Italia '90

Il primo passo della HDTV digitale

I parte

Serie di articoli, pubblicati in più numeri di Elettronica e Telecomunicazioni, trattano e approfondiscono una singola tematica. Lo scopo dell'iniziativa LeMiniSerie è di raccogliere tali articoli, con una veste tipografica unitaria che ne faciliti la consultazione e apportando correzioni e aggiornamenti ritenuti opportuni.

Questa è la prima parte del terzo volume.

Italia '90 - Il primo passo della HDTV digitale raccoglie 20 articoli pubblicati su Elettronica e Telecomunicazioni negli anni 88-93 che illustrano le tecniche e le realizzazioni che portarono al successo del progetto di diffusione via satellite, per la prima volta in assoluto, di immagini televisive in alta definizione digitale.

LeMiniSerie sono una iniziativa del
Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della
www.crit.rai.it

In copertina:
Sala visione alla sede Rai di Venezia (Palazzo Labia) in occasione di Italia '90.

Italia '90 Il primo passo della HDTV digitale - Parte I

Nel 1990, per la prima volta, un segnale HDTV digitale è diffuso via satellite. E' la prima partita del Campionato Mondiale di Calcio Italia '90.

Tale evento è possibile grazie ai risultati del progetto europeo Eureka 256 proposto e attuato da un consorzio italo-spagnolo costituito da Rai e Telettra, per quanto riguarda la componente italiana, e da Telettra Española, Retevision e il Politecnico di Madrid, per la componente spagnola.

L'evento è ricordato nella terza raccolta de LeMiniSerie: per facilitare la consultazione la pubblicazione è divisa in due parti. Il secondo volume raccoglie, in 160 pagine, i 20 articoli pubblicati da Elettronica e Telecomunicazioni sul progetto e sull'evento a partire dal 1988 fino al 1993.

Questa prima parte illustra 10 anni di attività. Inizia, nel 1986, con la presentazione dei primi documenti sull'ideazione di un sistema per la trasmissione del segnale video mediante tecniche di compressione basate su DCT e codici VLC. L'evento del giugno '90 è ricordato riassumendo brevemente i 20 articoli raccolti nella seconda parte. Individua, sulla base delle fonti costituite dai numerosi documenti presentati a convegni e articoli pubblicati su riviste internazionali, i fattori che hanno influenzato lo sviluppo successivo delle tecniche di codifica video digitale, culminato con la realizzazione degli standard MPEG-2 nel 1995 e DVB.

Torino, giugno 2011

Acronimi e sigle

ATSC	Advanced Television Systems Committee (www.atsc.org)
BCH	Bose, Chaudhuri, Hocquenghem (codice)
BER	Bit Error Rate
CD	Compact Disc
CMTT	Commission Mixte pour les Transmis- sions Télévisuelles et sonores (dal 1992 è parte di ITU-R)
CSELT	Centro Studi e Laboratori Telecomunicazioni (dal 2001 TiLab)
DSP	Digital Signal Processor
DCT	Discrete Cosine Transform
DVB	Digital Video Broadcasting, (www.dvb.org)
DPCM	Differential Pulse-Code Modulation
EBU	European Broadcasting Union (www.ebu.ch)
ETS	standard dello European Telecommuni-cations Standards Institute (www.etsi.org)
FEC	Forward Error Correction
HD-MAC	High Definition MAC
HDTV	High Definition TeleVision
IEC	International Electrotechnical Commission (www.iec.ch)
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers (www.ieee.org)
IRI	Istituto per la Ricostruzione Industriale (dal 2002 non esiste più)
ISO	International Organization for Standardization (www.iso.org)
ITU	International Telecommunication Union (www.itu.int)
JTC	Joint Technical Committee
KDD	Kokusai Denshin Denwa (dal 2000 kddi - www.kddi.com)
LSI	Large Scale Integration
Mflops	Million of FLoating Point operations Per Second
Mips	Million of Instruction Per Second
MAC	Multiplexed Analogue Components
MPEG	Motion Picture Expert Group
MUSE	MUltiple sub-Nyquist Sampling Encoding
NHK	Nippon Hōsō Kyōkai (www.nhk.or.jp)
NTT	Nippon Telegraph and Telephone (www.ntt.com)
PAL	Phase Alternating Line
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RS	Reed Solomon (codice)
SECAM	Séquentiel couleur à mémoire
VLC	Variable Length Code
VLSI	Very Large Scale Integration

La storia di un successo

Marzio **Barbero**
Rai - Centro Ricerche

1. Vent'anni dopo

11 giugno del 2010, sala di proiezione del Lingotto a Torino, l'evento di chiusura della Assemblea Tecnica dell'EBU coincide con la proiezione della partita inaugurale del campionato mondiale di calcio 2010, Sud Africa - Messico. Non è solo il coinvolgimento in un evento sportivo, ma anche in un evento tecnico: la partita, ricevuta via satellite, è proiettata in 3D.

Sono trascorsi vent'anni da quando, nello stesso luogo, avveniva un evento storicamente rilevante: l'8 giugno 1990 veniva proiettata la partita inaugurale del campionato Italia '90, Argentina - Camerun. Per la prima volta in assoluto un segnale in alta definizione (HDTV), codificato con tecniche digitali, era trasmesso via satellite e proiettato su grande schermo.

LeMiniSerie normalmente si basano su un numero limitato di articoli pubblicati da Elettronica e Telecomunicazioni, ma tra il 1988 e il 1993 furono pubblicati 20 articoli di approfondimento su algoritmi, tecnologie e descrizione del progetto e dell'evento culminato appunto con la trasmissione in alta definizione della cerimonia inaugurale e delle partite di Italia '90.

Per consentirne una più agevole consultazione, quindi sono state realizzate due parti: questa introduzione alla raccolta ricorda alcuni degli eventi che portarono alla realizzazione del sistema dimostrato nel 1990 e le sue conseguenze, mentre gli articoli di Elettronica e Telecomunicazioni in bibliografia [1-20], sono riprodotti integralmente nella seconda parte che costituisce "Italia '90 - La prima volta della HDTV digitale".

2. Qualità Contribuzione per la TV convenzionale

La precedente raccolta de LeMiniSerie ha come oggetto la Raccomandazione ITU-R BT.601 che ha definito, all'inizio degli anni '80, i parametri per la codifica digitale del segnale video a 625 righe/50 Hz e 525 righe/60 Hz. Tale standard consente la realizzazione degli apparati di studio, in particolare di videoregistrazione a componenti 4:2:2.

Negli anni '80 è soprattutto la Francia ad essere interessata al rapido evolversi degli studi televisivi digitali, sia perché all'avanguardia nel campo della telematica, sia perché il sistema di diffusione televisivo francese, il SECAM, non è adatto come sistema di produzione: di fatto a quel tempo la maggior parte degli apparati utilizzati negli studi televisivi francesi sono basati sul sistema PAL e i segnali sono convertiti, ovviamente con una perdita di qualità, al momento della diffusione. Per la diffusione, d'altro canto, è allo studio un nuovo sistema analogico, il MAC, in cui le componenti di luminanza e crominanza sono multiplate nel tempo, eliminando così parte dei difetti tipici di PAL e SECAM.

Per tale ragione la Francia, a Rennes, realizza nel 1986 il primo centro sperimentale di televisione completamente digitale.

Nel settembre 1986 si tiene a Rennes anche la prima edizione de "*Les Assises Des Jeunes Chercheurs*", una iniziativa nata per consentire ai giovani ricercatori operanti nel campo dell'innovazione tecnica della televisione di incontrarsi e nel corso di una settimana scambiare informazioni sulle loro esperienze e facilitare la loro collaborazione anche in futuro.

Ed è proprio in tale occasione che per la prima volta sono resi pubblici i primi risultati della collaborazione tra il Centro Ricerche della Rai e la Telettra per definire un sistema per la trasmissione su ponte radio dei segnali televisivi numerici 4:2:2 [30].

La trasmissione su ponti radio numerici è un tema di grande importanza, poiché a quel tempo gli studi televisivi, per lo scambio dei contributi video tra le varie televisioni, sono interconnessi attraverso reti di ponti radio che utilizzano sistemi di modulazione analogica. Tali reti non sono in grado di supportare lo scambio dei contributi con qualità digitale ed è quindi urgente definire uno standard che permetta l'evoluzione delle reti di ponti radio digitali, già disponibili per applicazioni telefoniche e dati, anche per il trasporto del segnale video.

La collaborazione fra Telettra ed il Centro Ricerche Rai consente di ottimizzare gli algoritmi sia ai fini di migliorare l'efficienza di codifica sia di facilitare la realizzabilità dell'hardware.

Il sistema descritto in questo primo documento ipotizza l'uso della codifica DCT intrafield applicata a blocchi di 8x8 pixel (risultato vantaggioso rispetto all'uso di blocchi 16x16 e 4x4), l'adozione del codice di Huffman come VLC e del codice BCH(255,239) per la protezione contro gli errori introdotti dal canale.

Nel 1986 l'obiettivo di definire lo standard per la trasmissione del video digitale sulle reti di ponti radio è assegnato al gruppo ITU CMTT/2. I ponti radio digitali operano secondo livelli gerarchici (Rac. CCITT G.703) pari a 34 e 140 Mbit/s in Europa, 32 Mbit/s in Giappone e 45 Mbit/s in USA. Opinione allora prevalente è che la qualità contributo sia raggiungibile solo con tecniche di compressione basate su DPCM e bit-rate prossimi ai 140 Mbit/s.

La proposta presentata dall'Italia con il documento CMTT/2-16, "*DCT coding of 4:2:2 television signals for transmission at 34 Mbit/s*" del settembre '86 è quindi accolta inizialmente con scetticismo.

Eppure sarà l'evoluzione di tale sistema a contribuire al risultato del lavoro del gruppo CMTT/2. E' del 1993 la Rac. ITU-R 723-1 "*Transmission of component-coded digital television signals for contribution-quality applications at the third hierarchical level of ITU-T Rac. G.702*", successivamente rinominata Rac. ITU-T J.81 e pubblicato come standard ETS 300 174 "*Network*

Prima e ultima pagina del contributo del Centro Ricerche Rai a "Les Assises Des Jeunes Chercheurs" del 1986 [30].

CODING OF COMPONENT TV SIGNALS
FOR A 34 MBIT/S TRANSMISSION RATE

Marzio Barbero

Summary

A study programme in cooperation with the industry has been undertaken in order to determine the coding scheme to be adopted for the experimental distribution of TV signals via optical fiber, foreseen in Italy within 1988. Cosine transform and variable length coding seem to be very attractive to code a colour TV signal (in accordance with CCIR rec. 601) in 34 Mbit/s transmission rate with a low impairment. This paper deals with the results of computer simulation of these techniques and with the feasibility study for the hardware implementation of a co-decoder.

RAI - Radiotelevisione Italiana
Centro Ricerche

Torino, September 1986

4. CONCLUSION

Discrete cosine transform and entropy coding are well known as efficient algorithms for TV signal bit rate reduction, but the hardware implementation has been considered the major obstacle for their adoption. The system described in this paper can be implemented using the present available technology and is characterized by these interesting features:

the input and output signals are conform to CCIR Rec. 601, in particular the sampling frequency is not modified;

the bit rate required for transmission, and with video signal low impairment, can be reduced down to about 30 Mbit/s, suitable for the third European hierarchical level.

The structure is very flexible and the hardware implementation allows a variation of the transmission bit rate from about 20 to 70 Mbit/s without any modification.
No frame memory is required to attain a good subjective quality, but its introduction could allow the exploitation of the redundancy in the time domain and a further significant bit rate reduction.
Finally these techniques can be applied at signal having wider bandwidth, i.e. for enhanced quality video signals.

5. ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to acknowledge the contribution to this paper of Dr. F. Molo and Dr. Cucchi of Telettra for the information relevant to the algorithms and their hardware implementation and of his colleagues M. Stroppiana, R. Del Pero, M. Muratori and M. Occhiena for the development of the simulation software.

19

Aspects (NA); Digital coding of component television signals for contribution quality applications in the range 34-45 Mbit/s" nel novembre 1992.

Già nel contributo presentato al primo workshop sulla HDTV organizzato da Leonardo Chiariglione nel novembre 1986 a L'Aquila si prevede di estendere lo schema di codifica basato su DCT ai segnali HDTV [31].

Alcuni degli elementi alla base dello standard messo a punto dal CMTT/2 negli anni successivi sono già indicati nel contributo a "*Les Assises Des Jeunes Chercheurs*" del 1988 [33]. I miglioramenti previsti con la seconda generazione del codec frutto della collaborazione Rai-Telettra sono: schema ibrido, con modi *intra-field*, *inter-field* ed *inter-frame*, compensazione del movimento solo a livello dei cosiddetti *quad-block* (due blocchi di luminanza ed i corrispondenti due blocchi di crominanza), vettori movimento codificati mediante VLC e precisione a 1/2 pixel, codice VLC denominato B2, non ottimizzabile in base alla statistica del segnale video, ma più robusto nei confronto della propagazione degli errori. L'obiettivo si è consentire la codifica e trasmissione di segnali sia TV sia HDTV.

Prima pagina del contributo a "Les Assises Des Jeunes Chercheurs" del 1988 [33].

BIT RATE REDUCTION TECHNIQUES FOR CODING STANDARD AND HIGH DEFINITION TV SIGNALS

Mario MURATORI, Mario STROPPIANA

RAI - Radiotelevisione Italiana
Centro Ricerche

Torino, September 1988

Prima pagina dell'articolo della EBU Technical Review del 1996 sui test dei codec basati sullo standard ETS 300 174.

Interworking tests on 34 Mbit/s encoders-decoders

B.G. Flowers (EBU)

The EBU, in conjunction with RAI in Italy, has carried out interworking tests on four different makes of 34 Mbit/s encoders-decoders, all of which accord with the ETSI standard, ETS 300 174. After three years of effort, involving very good co-operation among all the parties concerned, the four makes of encoder-decoder are now capable of interworking on the Eurovision Network without causing any problems.

Here, the Author summarizes the results of these extensive interworking tests.

1. Introduction

The ETSI specification for 34 Mbit/s component digital encoders-decoders (ETS 300 174) was finalized in November 1992 [1]. It was approved as an ITU Recommendation in March 1993, initially as CMTT Recommendation 723, which became ITU-T J.81 [2] when the ITU was reorganized in 1994.

The EBU was closely involved with ETSI in writing the specification and has maintained close contact with the manufacturers who build and sell the encoders-decoders, i.e. Alcatel-Telettra (Italy), RE (Denmark), Thomson (France), Vistek (UK) and Digital Vision (Sweden).

The original version of the specification contained a few errors and ambiguities, so the EBU recently submitted to the ITU and ETSI a list of corrections and clarifications, as approved by the manufacturers concerned.

2. Test procedures at the RAI Research Centre, Turin

When the first prototypes became available in 1993, the RAI kindly made its Research Centre in Turin available for tests to be carried out. The main tasks were to check the performance of the encoders-decoders in the various possible configurations, and to ensure that the units from each of the manufacturers would interwork correctly.

With encoders and decoders available from four manufacturers, there were 16 possible combinations of encoders and decoders to test. In addition, the input video signal and the output video signal could be either PAL, SECAM or 4:2:2 for the 625-line/50-Hz systems, and NTSC or 4:2:2 for the 525-line/60-Hz systems. This gave $3^2 + 2^2 = 13$ possible combinations of input/output video signals to check. Hence the total

Original language: English
Manuscript received 9/7/96.

24 EBU Technical Review Autumn 1996
Flowers

3. HDTV ed Eureka 256

Le ragioni per cui a negli anni '80 la HDTV è tema centrale dei processi di standardizzazione sono riassunte in [1]. Sono in discussione due formati per la produzione, uno proposto dal Giappone a 30 Hz interlacciato e 1035 righe attive, l'altro proposto dall'Europa a 50 Hz progressivo e 1152 righe attive. In Europa è avviato un progetto (Eureka 95) per lo sviluppo di un sistema completo (produzione, trasmissione, registrazione, visualizzazione) per consentire l'introduzione della HDTV a casa degli utenti. Il sistema deve essere compatibile con il sistema già definito per la diffusione della TV convenzionale, cioè il MAC.

In quel momento non è ritenuto realizzabile un sistema digitale per la diffusione e tutte le risorse sono indirizzate a sviluppare un sistema europeo a componenti, ma analogico, alternativo a quello supportato dall'industria giapponese, che fa ampio uso di tecniche digitali, ma che si basa sulla trasmissione, mediante modulazione di tipo analogico, di un segnale anch'esso analogico.

Chi crede nella possibilità di sviluppare un sistema completamente digitale non può proporlo, per ragioni di convenienza politica, per la diffusione, ma può indicare come obiettivo il suo uso per le reti di contribuzione o di distribuzione primaria, escludendo le reti di distribuzione secondaria e di diffusione, cioè quelle destinate all'utente finale. Il sistema digitale sarà comunque indispensabile a regime, per utilizzare le reti di ponti radio e fibre ottiche digitali per trasportare i segnali in alta definizione, oltre a quelli 4:2:2 a definizione convenzionale.

E sono proprio questi gli obiettivi di Eureka 256, avviato nel luglio del 1988, descritti ancora oggi nel sito che raccoglie i progetti Eureka e riportato in fondo alla pagina. Eureka 256 è proposto e attuato da un consorzio italo-spagnolo costituito da Rai e Telettra, per quanto riguarda la componente italiana, e da Telettra Española, Retevision e il Politecnico di Madrid, per la componente spagnola.

Come ricorda Gianfranco Barbieri, direttore del Centro Ricerche per tutti gli anni '90, la sfida è quella di comprimere un segnale HDTV da circa 1 Gbit/s ad un valore di circa 70 Mbit/s con l'impiego di algoritmi di riduzione della ridondanza e irrilevanza spaziale e temporale, basati sulla trasformata coseno discreta (DCT), codici a lunghezza variabile, codifica predittiva e compensazione del movimento [1].

Il successo arriverà grazie alla stretta e completa collaborazione tra i partner del consorzio che si attua in tre ambiti principali: l'ottimizzazione degli algoritmi mediante simulazione con calcolatore, progettazione e realizzazione dei circuiti integrati e dei codec, attività per la normalizzazione internazionale e divulgazione e promozione dei risultati ottenuti.

Nel 1996 questo progetto è incluso fra le "storie di successo", selezionate per promuovere i progetti Eureka.

EUREKA PROJECT: 256 DIGTRANS

BIT-RATE REDUCTION SYSTEM FOR HIGH DEFINITION TELEVISION (HDTV) DIGITAL TRANSMISSION

ALGORITHM AND A CODEC STRUCTURE DEFINITION FOR BIT-RATE REDUCTION FOR HDTV TRANSMISSION IN CONTRIBUTION LINKS. IMPLEMENTATION OF CODEC PROTOTYPES.

Project Description

The main goals are the definition of an algorithm and a codec structure for bit-rate reduction for HDTV transmission in contribution links, and the implementation of codec prototypes; consideration will also be given to a wide range of applications related to an HDTV contribution codec such as a distribution HDTV codec, and a contribution codec for conventional television. The following main constraints will be taken into consideration during project execution: - evolution and definition of a production standard for 50 Hz HDTV, as emerging in established European research activity on the HDTV subject. - high bit-rate reduction being one of the project goals, the investigated algorithms will be based on Discrete Cosine Transformation compression (DCT); results coming from any other research on the subject will be taken into account. - project details will be adjusted so as to take into account the results of discussion and proposals emanating from standardisation bodies.

Technological Development Envisaged

- Development of an algorithm for bit-rate reduction with highest efficiency.
- Development of large-scale semi-custom circuits to make the algorithm complexity manageable.

Duration > 42 Months
Actual cost > 10.5 M€

PARTICIPANTS: RAI - RADIOTELEVISIONE ITALIANA S.P.A. / CENTRO RICERCHE, ALCATEL TELETTRA, TELEVISION ESPANOLA S.A. (TORRE ESPANA), TELETTRA ESPANA S.A., CENTRO LASER UPM UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

4. Acquisizione ed elaborazione

Venticinque anni fa l'ottimizzazione degli algoritmi implicava, oltre ad un impegno intellettuale per lo studio e la scelta degli algoritmi più promettenti, un investimento eccezionale in termini finanziari e di tempo [3].

Nel caso della ripresa e visualizzazione HDTV, i sistemi erano molto ingombranti e costosi. Poiché, come si è accennato precedentemente, erano stati proposti due formati per l'alta definizione, il Centro Ricerche Rai aveva acquisito una telecamera appositamente modificata per operare in entrambi i formati.

La potenza di calcolo e di memorizzazione messa a disposizione dai computer del tempo era di gran lunga inferiore a quella oggi disponibile su un normale notebook: le immagini, e soprattutto le immagini in movimento, rappresentavano un soggetto su cui era difficile operare.

I primi risultati delle simulazioni attuate presso il Centro Ricerche Rai, quelli presentati nel 1986, erano stati ottenuti utilizzando un minicomputer della Digital Equipment, il PDP11/44, con CPU a 16 bit e operando su immagini fisse (il sistema era dotato di due dischi rimovibili da 10 MByte ciascuno); poco dopo si acquisirono tre μVax, minicomputer con CPU da 32 bit e velocità di elaborazione inferiore a 1 Mips. Si noti che nel picco degli anni ottanta, la Digital era la seconda azienda di informatica del mondo per dimensioni, con oltre 100 mila dipendenti, nel gennaio 1998 fu incorporata da Compaq.

La capacità di calcolo di tali sistemi non era sufficienti ad elaborare le immagini in tempi ragionevoli. Fortunatamente erano supportati, per l'elaborazione delle matrici di pixel che costituiscono le immagini, da due array processor MiniMap della CSPI, che tuttora produce sistemi multicomputer per l'elaborazione dei segnali. Essi erano in grado di offrire una capacità di elaborazione di decine di Mflops, a spese di una programmazione particolarmente complessa.

La telecamera HDTV multistandard, uno dei monitor HDTV ed uno dei videoregistratori digitali D1 utilizzato presso il Centro Ricerche Rai per acquisire e visualizzare sequenze di test.

Ancora più critica era l'acquisizione e la memorizzazione di sequenze di immagini: da pochi anni erano disponibili apparati in grado di operare su immagini 4:2:2, basati sulla Rac. ITU-R BT 601.

Prezioso fu l'Harry della Quantel, società tuttora attiva e specializzata in sistemi di editing 3D TV. Harry, realizzato nel 1985, fu di fatto il primo sistema di editor non-lineare basato su computer. La memoria era costituita da una schiera di quattro dischi della Fujitsu che, grazie ad una interfaccia parallela, consentivano di raggiungere la velocità di trasferimento di 20 Mbyte/s; anticipava l'organizzazione RAID, formalizzata nel 1987. Benché i quattro dischi fossero ospitati, sovrapposti, su un rack da 19 pollici e ciascun disco richiedesse almeno due persone nel caso dovesse essere estratto e spostato, la capacità totale era di circa 2 GByte, ovvero meno di 90 secondi di video 4:2:2. Le capacità di editing erano preziose per operare sulle sequenze di test, generalmente di 10 secondi, consentirne il trasferimento mediante nastri di tipo informatico ai sistemi di elaborazione, e generare le sequenze di valutazione e per le prove soggettive.

Per memorizzare le sequenze più lunghe e come memoria video di massa si utilizzava il primo videoregistratore digitale basato sul formato 4:2:2 e introdotto nel 1986: il D1 della Sony. Il D1 era in grado di registrare fino a 76 minuti di video, ovviamente non compresso, su una cassetta con nastro da 3/4".

E' forse ora chiaro quanto fosse impegnativo il lavoro di ottimizzazione degli algoritmi, anche in termini di tempo: durante il giorno si definiva e si organizzava il lavoro per consentire l'elaborazione di una o due sequenze di test da 10 secondi durante la notte.

Il risultato forniva preziose indicazioni sulla successiva fase di ottimizzazione dei parametri degli algoritmi.

L'ottimizzazione degli algoritmi è il frutto dell'impegno e del lavoro di molti ricercatori del Centro Ricerche e diversi laureandi del Politecnico di Torino: il loro contributo è illustrato nella serie di articoli contraddistinti dai titoli "Codifica del Segnale Televisivo Numerico..." [2, 3, 5, 6, 10, 15, 18, 19, 20].

5. Realizzazione hardware

I partecipanti ad Eureka 256 collaborano strettamente in tutte le fasi del progetto, ma è soprattutto la componente industriale Telettra, in Italia e in Spagna, ad ottimizzare le scelte in modo da garantire la fattibilità con la tecnologia dell'epoca degli apparati e nei tempi previsti dal progetto.

La scelta degli algoritmi e dello schema del codificatore è definita nel 1989 [3,4] ed è in tale anno che sono depositati una parte significativa dei brevetti che si possono ricondurre alle attività di codifica numerica del segnale video [73-86].

In [4] sono indicati i limiti tecnologici e sono evidenziati i criteri adottati per garantire la fattibilità e affidabilità del codec. Alcune scelte, come quella di adottare come codice a lunghezza variabile il B2 [6], sono operate con l'obiettivo principale di consentire la realizzabilità del codec con la tecnologia disponibile, ridurre la velocità operativa dei circuiti e limitare la propagazione degli errori. Le tecniche di compensazione del movimento sono indispensabili per raggiungere una buona qualità ai bit-rate previsti, ma la complessità circuitale ad essa associata è estremamente elevata, si è quindi costretti a realizzare circuitalmente versioni più limitate rispetto a quelle valutate e simulate [15].

Malgrado l'uso delle famiglie VLSI *semicustom* più veloci fra quelle disponibili, per realizzare il codec HDTV occorre definire una architettura basata sulla parallelizzazione di più unità di codifica, ciascuna operante indipendentemente, che producono flussi di dati a velocità variabile e dipendente dalla ridondanza che caratterizza le diverse aree dell'immagine. Ciascuna unità di codifica si comporta quindi come un codificatore indipendente, che fornisce i dati al suo corrispondente buffer: la velocità di riempimento del buffer dipende dalla complessità della porzione di immagine di competenza del codificatore. I dati in uscita dai singoli buffer sono organizzati in pacchetti di lunghezza fissa contraddistinti da uno specifico indirizzo di sorgente e un "controllore di buffer" sovraintende all'organizzazione dei pacchetti, al loro prelievo e alla determinazione del fattore di trasmissione in base all'occupazione dei buffer [4,5]. E' di fatto l'introduzione della multiplazione statistica che caratterizza i sistemi DVB, basati sulla codifica MPEG, attualmente in uso.

6. Italia '90: l'evento

L'evento destinato a mettere definitivamente in evidenza i vantaggi delle tecniche e tecnologie digitali per la diffusione e distribuzione delle informazioni TV e HDTV è, come anticipato all'inizio, la trasmissione punto-multipunto delle partite dei mondiali di calcio Italia '90.

6.1 ... su Elettronica e Telecomunicazioni

A tale evento è dedicato l'intero numero 3 di Elettronica e Telecomunicazioni del 1990: l'articolo introduttivo è di Gianfranco Barbieri e sono otto gli articoli che lo costituiscono [7–14].

Tra l'8 Giugno e l'8 Luglio del 1990, in otto sale di cinque città italiane appositamente attrezzate con proiettori a grande schermo forniti dalla Seleco, sono proiettate le immagini HDTV riprese sui campi di calcio di Italia '90 con i due standard di ripresa allora in uso, a 1250 linee per Europa ed a 1125 per USA-Giappone. Il satellite Olympus, usato per la sperimentazione, consente di "illuminare" anche Barcellona e le immagini del segnale ricevuto dal satellite sono trasmesse, grazie ad un collegamento in fibra ottica, da Barcellona a Madrid, permettendo la visione delle partite anche nella capitale spagnola, alla presenza dei reali di Spagna.

Ovviamente l'ottimizzazione degli algoritmi di codifica e la realizzazione del codec, oggetto degli articoli citati nei paragrafi precedenti, non sono gli unici elementi che rendono possibile tale evento.

La struttura del complesso sistema realizzato per consentire l'evento è evidenziata in [8] e riassunta dallo schema riprodotto nella pagina che segue. Una linea di produzione, gestita dalla Rai nell'ambito della collaborazione con il progetto Eureka 95, opera in permanenza allo stadio Olimpico di Roma e consente la trasmissione di sei partite, compresa la finale, utilizzando lo standard di produzione europeo. Una seconda linea di produzione, installata su una unità mobile della NHK giapponese, opera con il formato 1125 linee e 60 Hz ed effettua la trasmissione da Milano (3 partite), Napoli (4), Torino (2), Firenze (1) e Bari (1). in Italia sono allestiti otto punti riceventi e un punto ricevente è in Spagna, a Barcellona.

ELETTRONICA
E TELECOMUNICAZIONI

ANNO XXXIX NUMERO 3 - 1990 EDIZIONI NUOVA ERI - Via Arsenale, 41 - TORINO L. 5000

(Foto Valesio)

SPECIALE ITALIA '90

Trasmissioni punto-multipunto di Televisione ad Alta Definizione digitale

NUMERO 3 ANNO XXXIX — NOVEMBRE 1990 — DA PAGINA 97 A PAGINA 148

ELETTRONICA
E TELECOMUNICAZIONI

RIVISTA QUADRIMESTRALE
A CURA DELLA RAI
EDITA DALLA NUOVA ERI

DIRETTORE RESPONSABILE
ROLANDO SALVADORINI

COMITATO DIRETTIVO
M. AGRESTI, F. ANGELI,
G. M. POLACCO, R. CAPRA

REDAZIONE PRESSO
CENTRO RICERCHE RAI
CORSO GIAMBONE, 68
TEL. (011) 88 00 (int. 31 32)
10135 TORINO

Concessionaria esclusiva della pubblicità:
SOC. PER LA PUBBLICITÀ IN ITALIA (SPI)
20121 MILANO - VIA MANZONI 37 - TEL. (02) 63131

Distribuzione per l'Italia:
Parrini & C. - p. Indipendenza 11/B
00185 Roma - Tel. (06) 49.92

Affiliato alla Federazione Italiana Editori Giornali

Stampa: ILTE - Moncalieri (Torino)

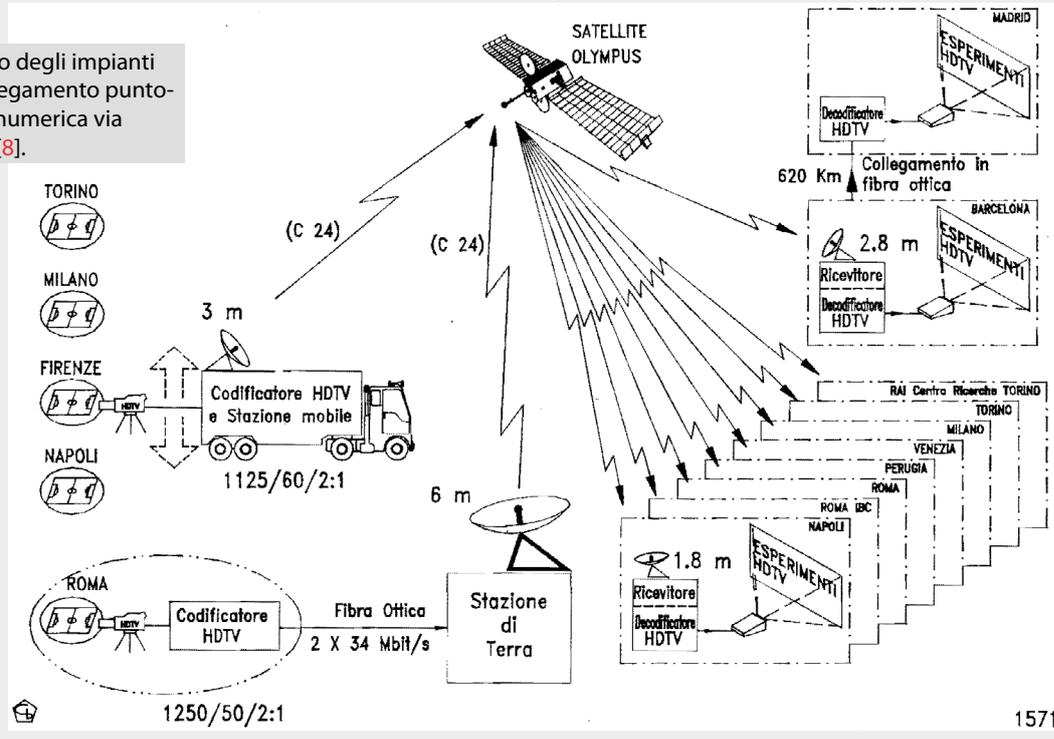
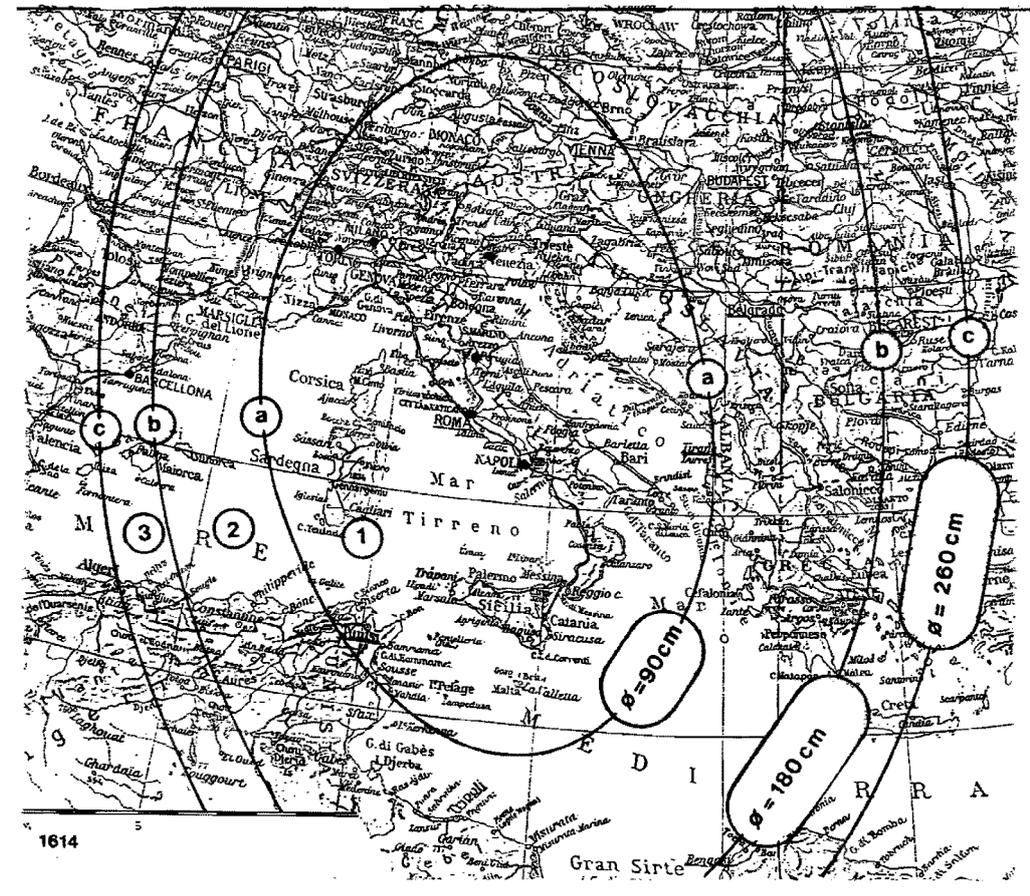
Esperimenti di trasmissione digitale o numerica punto-multipunto di Televisione ad Alta Definizione effettuati, in diretta, dalla RAI in occasione dei Campionati Mondiali di Calcio ITALIA '90.
Le partite venivano riprese secondo due formati di scansione: quello europeo a 1250 righe/50 Hz nello stadio Olimpico di Roma e quello NHK a 1125 righe/60 Hz negli stadi di altre città.
L'intera catena di trasmissione funzionava sia con l'uno che con l'altro formato.
Per la ricezione sono state allestite in varie città, sale di visione dotate di proiettori HDTV su grande schermo.
Gli esperimenti hanno avuto un grande successo, sia per l'altissima qualità delle immagini, che per l'effetto di coinvolgimento che hanno provocato nel pubblico presente nelle sale.
La fotografia mostra una delle sale di visione e l'entusiasmo degli spettatori a Torino dopo il goal di Totò Schillaci nella partita Italia-Cecoslovacchia.

Sommario: *pagina*

UNA COPIA L. 5000 (ESTERO L. 10000)
COPIA ARRETRATA L. 6000 (ESTERO L. 11000)
ABBONAMENTO ANNUALE L. 12000 (ESTERO L. 24000)
VERSAMENTI ALLA NUOVA ERI - VIA ARSENALE, 41 - TORINO - C.C.P. N. 26960104

SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE - GRUPPO IV/70

REG. ALLA CANCELLERIA DEL TRIBUNALE C.P. DI TORINO AL N. 494 IN DATA 6-11-1951

Schema riassuntivo degli impianti utilizzati per il collegamento punto-multiplo in HDTV numerica via satellite Olympus [8].

Nella figura sono indicati i punti riceventi e sono individuate tre zone: I, 2 e 3, delimitate da tre curve: a, b e c, sulle quali sono indicati i diametri delle antenne riceventi necessari, all'interno delle zone, per ottenere un rapporto e/N di 19 dB (in 27 MHz) per il 99% del tempo nel mese peggiore [9].

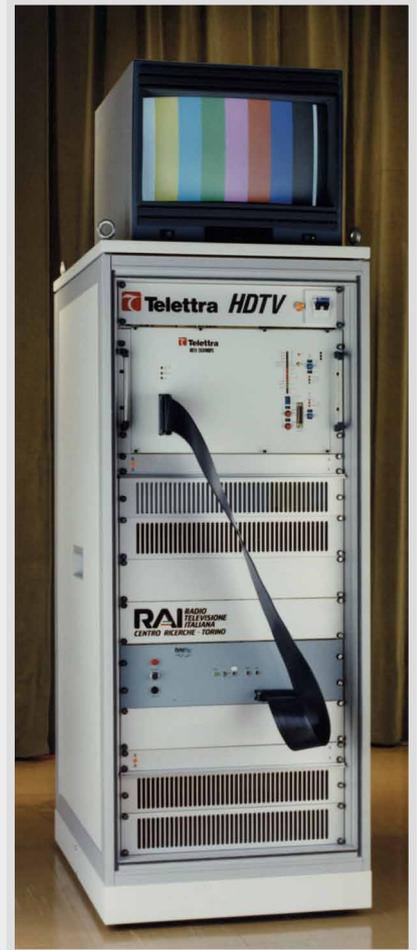
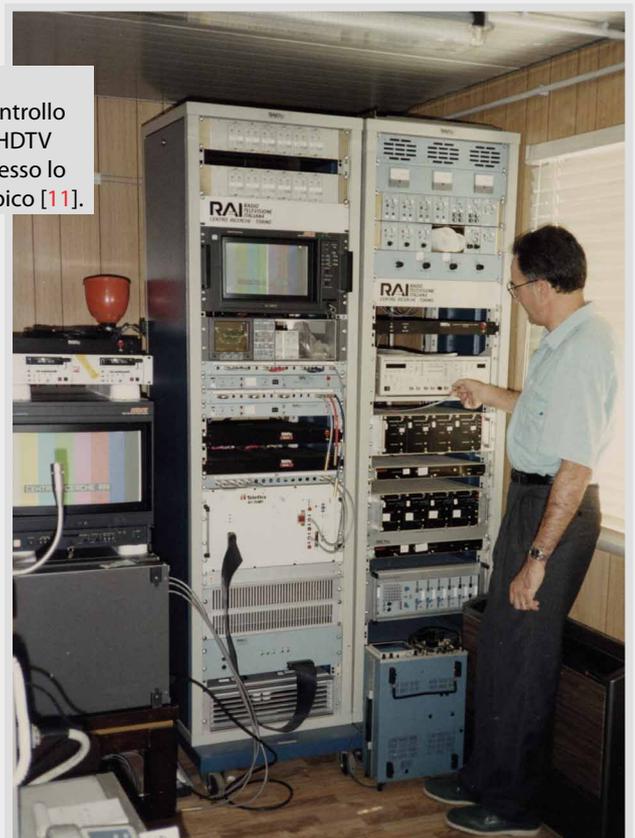
Complessa è l'attività di ricerca e di sperimentazione che il Centro Ricerche Rai ha effettuato per la realizzazione del sistema di trasmissione: in [9] sono evidenziati tutti gli elementi che garantiscono "l'elevata qualità del collegamento via satellite Olympus, ottenuta tramite una rigorosa ottimizzazione delle prestazioni delle singole componenti della catena". La correzione degli errori è affidata al codice BCH(255,239), ma è già in avanzata fase di implementazione il codice di RS (255,239) che ha migliori caratteristiche di correzione degli errori a burst (infatti sarà questo il codice successivamente adottato nei sistemi DVB di prima generazione, compreso il DVB-S via satellite).

Il contributo [10] riassume il lavoro svolto per la realizzazione del codec, oggetto della serie di articoli, già citati, sulla "Codifica del segnale Televisivo numerico" e fornisce più dettagliate informazioni sui particolari costruttivi: imponenti le dimensioni e significativo il consumo.

In [11] si esaminano le caratteristiche delle stazioni trasmittenti, quella fissa allo Stadio Olimpico e quella mobile. La stazione mobile della Rai è la prima in assoluto ad essere concepita per trasmettere segnali numerici mediante un canale satellitare a 18 GHz.

Vi sono altre sette postazioni riceventi, oltre a quella al Lingotto di Torino, di cui si è parlato all'inizio. Gran parte dell'impegno realizzativo è concentrato nelle postazioni riceventi, poiché sono otto e sono state assemblate in meno di quattro mesi, durante i quali sono stati realizzati anche gli apparati necessari, ma non ancora disponibili sul mercato. Il Centro Ricerche Rai ha realizzato le unità interne per la sezione a radio frequenza, il convertitore D/A, i generatori di sincronismi, le matrici e parte degli equalizzatori/distributori, gli apparati audio ausiliari [12].

Fondamentali, per il successo dell'evento, sono i proiettori HDTV messi a punto

Uno dei codificatori HDTV utilizzati per Italia '90. L'unità di conversione analogico/numerica, realizzata presso il Centro Ricerche Rai, fornisce il segnale numerico mediante un'interfaccia parallela su 16 bit più il clock al codificatore realizzato dalla Telettra. Il codificatore è racchiuso in un sottotelaio da 19" di larghezza e 6 unità di altezza. Il consumo è pari a circa 200 W. Le schede componenti il codificatore sono di 230 per 280 mm. Il flusso di dati in ingresso è suddiviso da una scheda di interfaccia nei quattro flussi corrispondenti ai segmenti verticali in cui è suddivisa l'immagine. Ciascun flusso è elaborato da due schede: la prima calcola i valori di predizione, sceglie il modo di codifica e calcola i coefficienti DCT; la seconda scheda codifica i coefficienti con parole VLC e le memorizza in un buffer di 4 Mbit. La scheda del controllore del buffer gestisce l'insieme dei quattro buffer appartenenti alle unità di codifica. Un'altra scheda provvede ad aggiungere la ridondanza per il codice per la protezione dagli errori di canale e a multiplare i dati provenienti dalle quattro unità di codifica video e da quella per la codifica dei segnali audio e dati ausiliari [10].

Apparati di codifica e controllo del segnale HDTV numerico presso lo Stadio Olimpico [11].

Apparati di conversione di frequenza, demodulazione e decodifica audio e video ubicati nella Sede Rai a Palazzo Labia (Venezia) [12].

Proiettore ad Alta Definizione e, in primo piano, proiettore PAL di emergenza nella Sede Rai a Palazzo Labia (Venezia) [13].

Una delle postazioni allestite per le riprese, con telecamera ad alta Definizione della BTS allo stadio Olimpico di Roma in occasione dei Campionati Mondiali di Calcio "Italia '90" [15].

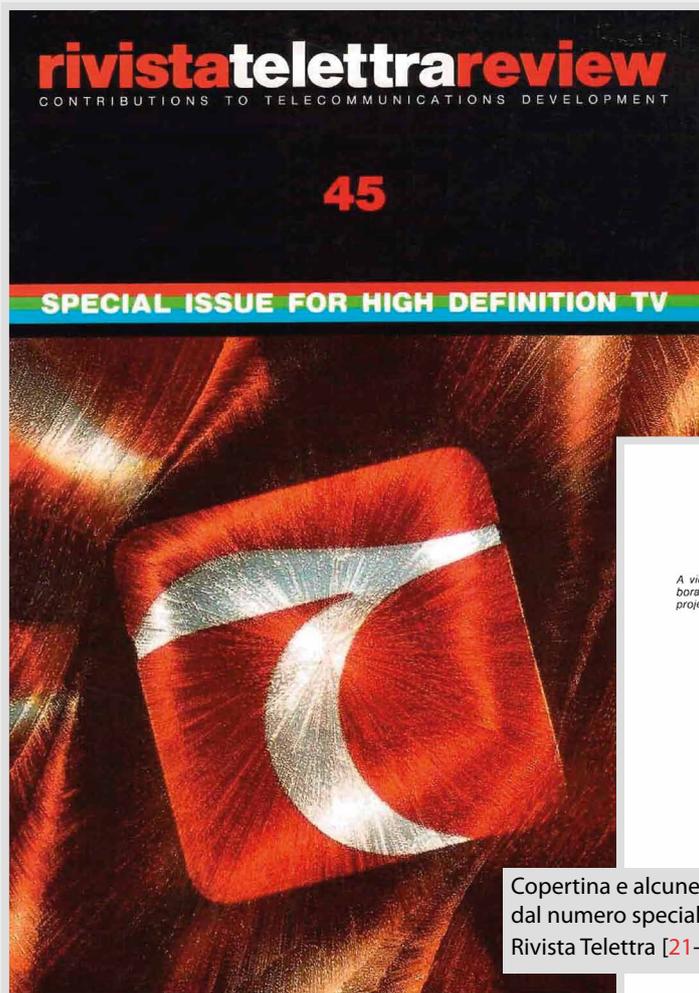
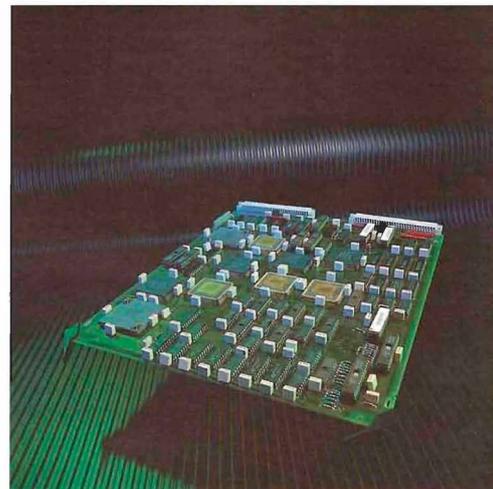
dalla Seleco, che tende a proporsi come azienda di riferimento in Europa in questo settore dei videoproiettori [13]. Purtroppo la storia successiva della Seleco è molto travagliata, ma si può ritenere che almeno in parte la sua specifica esperienza sia stata tramandata ad una azienda fondata nel 1995 nella stessa area geografica e specializzata nella produzione di videoproiettori di qualità, in particolare 3D.

Si è già accennato al ruolo del collegamento in fibra ottica tra Barcellona e Madrid, ma occorre ricordare anche la fibra ottica che a Roma collega lo stadio Olimpico al Centro di Produzione TV, essa è utilizzata, grazie allo specifico adattamento realizzato dal Centro Ricerche, per il trasporto del segnale numerico HDTV [14].

A completamento della descrizione dell'esperimento di trasmissione digitale, oggetto del numero speciale, un articolo successivo descrive l'impegno produttivo della Rai in occasione dei Campionati, includendo la sperimentazione di trasmissione HD-MAC [16].

Gli articoli pubblicati dopo il '90 testimoniano che l'attività di ricerca continua, per migliorare le prestazioni del sistema dal punto di vista della stima e compensazione del movimento [15, 18], della codifica dei coefficienti DCT [19] e delle prestazioni in presenza di errori [20].

6.2 ... sul numero 45 di Rivista Telettra

Guido Vannucchi, direttore generale di Telettra, è l'autore dell'articolo introduttivo [21] del numero speciale (in inglese) della rivista Telettra dedicato alla HDTV. Alcuni articoli sono dedicati agli aspetti tecnici del progetto EU256 [25-27] e ai problemi legati alla standardizzazione della HDTV [23].

The HDTV codec (Eureka Project 256).
Printed Circuit Board performing Discrete Cosine Transform and temporal differential PCM on 8x8 blocks of samples (for both luminance and color differences) at encoder size.

A view of the "Digital Signal Processing" laboratory at Vimercate works, where the HDTV project has been developed.

Copertina e alcune foto tratte dal numero speciale della Rivista Telettra [21-29].

LA STAMPA — INTERNO — Venerdì 15 Giugno 1990 • 9

Rai e Telettra insieme nelle nuove tecnologie: primo collegamento mondiale

Decolla l'alta definizione tv

La risposta «made in Italy» al Giappone

Titolo di articolo pubblicato in concomitanza con l'incontro di calcio Italia-Stati Uniti (in alto) e locandina pubblicitaria della Telettra in occasione di Italia '90 (a destra).

7. Le Conseguenze

Il palcoscenico mondiale offerto dai Campionati rende evidente i vantaggi offerti dalle tecniche e tecnologie digitali per la diffusione e distribuzione delle informazioni TV e HDTV.

Il progetto EU-256 è un successo del "made in Italy".

E' probabile che sia proprio la presentazione al NAB 1989 del prototipo basato sul sistema Eureka 256 una delle ragioni per cui gli Stati Uniti decidono di abbandonare gli studi per la diffusione dell'Alta Definizione in formato analogico e passare allo studio delle soluzioni completamente digitali.

Tale crescente interesse oltreoceano è testimoniato dai numerosi contributi presentati, a volte sollecitati, in convegni nel Nord America [41, 42, 43, 48, 51, 53, 58, 65, 66].

Particolarmente significativo è il fatto che il primo articolo con cui si inaugura, nel marzo del 1991, una nuova serie delle IEEE Transactions[Nota1] sui sistemi per la tecnologia video è dedicato a questo progetto [50].

Purtroppo per il "made in Italy", nell'ottobre 1990 il Gruppo Fiat cede la Telettra alla società francese Alcatel.

Nell'aprile 1991, in occasione del NAB, alla Telettra è assegnato il premio *Outstanding Achievement in Technical/Engineering Development Awards*[Nota2] con la seguente motivazione "Per il lavoro pionieristico e la realizzazione nel campo delle tecniche di compressione dati per la trasmissione della televisione in tempo reale".

Nota 1 - IEEE, fondata nel 1884 a New York, è un'associazione internazionale di scienziati professionisti con l'obiettivo della promozione delle scienze tecnologiche. La IEEE Circuit and Systems Society è una delle circa 40 società tecniche in cui è organizzata, e le IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology è uno dei periodici da essa pubblicate.

Nota 2 - E' uno dei premi della *National Academy of Television Art and Science* fondatata nel 1955 e sede a New York a che riconosce l'eccellenza in vari campi della televisione e media emergenti con gli Emmy® Award.

Il *National Academy of Television Art and Science Award* consegnato a Silvio Cucchi (Telettra Italia) e Alberto Picchio (direttore Telettra USA) - (Las Vegas, aprile 1991).

Nel giugno dello stesso anno viene assegnata *The Montreux Achievement Gold Medal* [Nota 3] con la motivazione "per il contributo alla trasmissione numerica della TV, includendo la HDTV, basata su tecniche DCT" [17].

Uno dei temi più innovativi è infatti l'uso della DCT come elemento fondamentale per la riduzione dell'irrilevanza dell'immagine anche per applicazioni in cui si richiede una elevata qualità del segnale video. La DCT era stata proposta per la codifica video da K.R. Rao, dell'Università di Arlington in Texas in un articolo nel 1974 [87], nel 1990 pubblica un libro, tradotto in numerose lingue, che include recenti sviluppi basati su tale algoritmo [88] e la sezione "*HDTV image coding*" della bibliografia è ricca di citazioni degli articoli relativi al progetto EU 256. Rao visita il Centro Ricerche il 21 maggio del 1993.

Il successo di Eureka 256 pone i radiodiffusori e l'industria elettronica di consumo europea di fronte alla prospettiva che l'impegno e gli investimenti profusi per lo sviluppo e la standardizzazione dei sistemi MAC e HD-MAC per la diffusione siano inutili e improduttivi.

Il sistema HD-MAC è utilizzato nel 1992 a febbraio in occasione dei Giochi Olimpici invernali di Albertville in Francia e a luglio per quelli estivi a Siviglia in Spagna. In questa occasione è utilizzato anche il sistema sviluppato in EU 256 [63].

Sempre nel 1992 e in Spagna, a Torremolinos, si tiene la Conferenza ITU WARC 92, dove è centrale il tema della diffusione della HDTV digitale via satellite.

Dopo l'impegno per la copertura HD-MAC dei due eventi olimpici del 1992, l'industria europea e la Commissione Europea, si convincono che è opportuno abbandonare lo sviluppo della HDTV analogica e che è meglio concentrarsi sullo sviluppo della televisione digitale a definizione standard, rimandando ad un secondo tempo

Nota 3 - Il *Montreux International Television Symposium* è stata una manifestazione biennale, comprendente una importante mostra e conferenze sulle novità tecnologiche in campo TV. L'ultima edizione (la 19ª) si tenne a Montreux, sul lago di Ginevra, nel 1995, in tale occasione la *Gold Medal* fu assegnata a Ulrich Reimers per i contributi allo sviluppo della televisione digitale (DVB).

Barbero wins High praise

Marzio Barbero, chief engineer at Italian state broadcaster RAI, has been awarded the Montreux Achievement Gold Medal for his pioneering research into digital High Definition Television transmission.

Barbero is the architect and project co-ordinator of RAI's development of data compression techniques for both HDTV and CCC1601 formats. Much of his work has been carried out with the backing of French, Spanish and British state broadcasters, culminating in the live transmission of the Italy versus Uruguay football match during last year's World Cup.

Bernard Pauchon, chairman of the medal award committee, said Barbero was responsible for forming a European-wide consensus on digital HDTV. 'I think the time of division on this issue is definitely behind us. Now European techniques are being adopted not only on a local scale but also on a world scale,' he said.

The festival's recognition of digital HDTV data compression contrasts with current European Commission thinking on the subject. While commissioner Filippo Maria Pandolfi attempts to put the finishing touches to a memorandum of understanding, the EC, supported by manufacturers such as Philips and Thomson, is expected to support the adoption of analogue D2-MAC as a stepping stone to HDTV.

• A special award was also presented to the Montreux International Television Symposium's original organizer, the Czech engineer Ray Janussi. □

Barbero: pioneering research into digital High Definition

TELEVISION WEEK

Assegnazione del Montreux *Achievement Golden Medal* (Montreux, 13-18 giugno 1991) [17].

Raccolta di contributi, fra cui il [56] e il [57], pubblicati dall'EBU in occasione della Conferenza ITU WARC 92.

Advanced techniques for satellite broadcasting of digital HDTV at frequencies around 20 GHz

February 1992

Collected papers on concepts for wide-band digital HDTV satellite broadcasting into the 21st century

Published by the EBU on the occasion of demonstrations of wideband digital HDTV satellite broadcasting technologies during the ITU WARC 92 Conference, Málaga–Torremolinos, 1992.

Editorial office: Case postale 67, CH–1218 Grand–Saconnex, Geneva, Switzerland. *Telephone:* + 41 22/717 2111 *Telefax:* + 41 22/798 5897 *Telex:* 415 700 ebu ch. *Editor:* R.J. Levey

quello per l'HDTV. Nel 1993 vengono abbandonati gli standard MAC e HD-MAC e viene avviato il progetto europeo DVB.

Nel settembre 1994 con la consegna dell'*IBC John Tucker Award* a Mario Cominetti del Centro Ricerche è riconosciuto il contributo della Rai a favore della standardizzazione dei sistemi digitali di diffusione .

Un altro ruolo molto importante svolto dal Centro Ricerche è stato quello di promuovere la qualità soggettiva del immagine televisiva ottenibile anche nel caso di utilizzazione delle tecniche di compressione. Infatti è significativa l'iniziale diffidenza da parte dei radiodiffusori sulla qualità di immagine ottenibile a causa dei degradamenti introdotti dagli algoritmi di compressione e dagli errori in trasmissione. Tale diffidenza è superata anche grazie alle dimostrazioni ed ai contributi sul tema della qualità presentati nell'ambito dei gruppi di esperti e di convegni internazionali [60, 68-70]. Infatti il Centro Ricerche è sempre stato considerato un riferimento a livello mondiale per quanto riguarda la realizzazione di sequenze di test e di valutazione soggettiva.

I rapporti con enti ed industrie giapponesi sono ottimi e innumerevoli sono gli eventi che hanno fra i protagonisti il Centro Ricerche, come riassunto nel quadro a fianco.

Sia i sistemi televisivi digitali proposti oltreoceano, sia quelli sviluppati dal DVB si basano per quanto riguarda la codifica e la struttura di multiplex sullo standard MPEG-2.

MPEG è creato nel gennaio 1988 da Leonardo Chiariglione dello CSELT come gruppo di esperti nell'ambito del gruppo di lavoro congiunto (*JTC Working Group*) degli organismi internazionali di standardizzazione ISO e IEC.

Lo standard ISO/IEC 11172, noto come MPEG-1, è del 1993 ha il titolo "Codifica di immagini in movimento e audio associato per media di memorizzazione digitale

I rapporti con il Giappone

Fin dall'avvio delle attività del gruppo di esperti del CMTT/2 per la compressione dei segnali video, le società telecom NTT e KDD svolgono un ruolo importante e di supporto delle proposte italiane e spagnole, basate sul progetto EU 256, e per la definizione dello standard ITU-R 723-1.

Presso il Centro Ricerche sono organizzate dimostrazioni, basate su simulazioni, sulle possibilità offerte da un sistema basato su codifica DCT intrafield a 50 Mbit/s. Consente di operare in postproduzione, compreso l'uso di chroma-key. Assistono alle dimostrazioni importanti esponenti della Sony Broadcast, tra cui Takeo Eguchi, il progettista del primo videoregistratore digitale a componenti D1. Maurizio Ardito ricorda la reazione di stupore per la qualità ottenuta, ma anche lo scetticismo sulla possibilità che il mercato potesse accettare un sistema con compressione per la produzione video in studio. Il Digital Betacam della Sony è del 1993 ed utilizza la codifica DCT a 90 Mbit/s. Nel 1996 si arriva alla definizione del profilo 422 di MPEG/2, in grado di operare fino ad un massimo di 50 Mbit/s, e a tale velocità opera il sistema di videoregistrazione IMX, con codifica DCT intra, introdotto dalla Sony nel 2001.

Il Giappone è il centro di eccellenza per la ricerca e lo sviluppo delle tecnologie atte a realizzare i display piatti e l'IRI concorda un percorso di visite da parte di esponenti di primo piano delle proprie industrie presso industrie ed enti giapponesi al fine di individuare un possibile piano di collaborazione in tale campo. Il Giappone chiede che lo scambio di informazioni sia reciproco e che l'Italia illustri, durante il percorso, i risultati nel campo in cui eccelle, cioè la compressione video.   Nel febbraio 1990 è un esperto del Centro Ricerche, Marzio Barbero, a presentare i risultati in tale campo durante una intensissima settimana di incontri a Tokyo.

La televisione pubblica NHK chiede alla Rai che il giovane ricercatore Yukihiro Nishida abbia l'opportunità di trascorrere diversi mesi presso il Centro Ricerche e contribuire alle attività relative alla codifica HDTV, la collaborazione è proficua sul piano umano e scientifico [66].

IBC Award

Continuando una lunga tradizione della IBC, il *John Tucker Award* del 1994 è stato assegnato al Dr. Mario Cominetti della Rai. Il riconoscimento è per il suo rilevante contributo la definizione degli standard per i sistemi di trasmissione per la radio e la televisione sui canali terrestri e satellitari. I suoi principali risultati negli anni più recenti sono relativi alla trasmissione della HDTV digitale via satellite e il suo coinvolgimento nel progetto DVB, anche se il suo appassionato interesse nello sviluppo delle tecnologie digitali nel broadcasting si estende per molti anni nel passato, in particolare per il suo lavoro sul teletext ed altre forme di data broadcasting.

dr. Mario Cominetti (a sinistra) riceve l'IBC Award da Mr. Stanley Baron.

(da EBU Technical Review - autunno 1994)

operanti fino a circa 1,5 Mbit/s", il riferimento al bitrate è contenuto solamente nel titolo perché l'obiettivo è quello di definire uno standard utilizzabile per la memorizzazione di informazioni audiovisive sul CD (disco ottico disponibile in quegli anni).

La prima sessione di MPEG-2 ha luogo nel luglio 1990, quando erano ancora in corso i lavori di definizione di MPEG-1. L'obiettivo indicato nel titolo è limitato ai mezzi di memorizzazione digitale, ma lo scopo vero è quello di definire una codifica adatta per le applicazioni diffusive (radiodiffusione e distribuzione via cavo). MPEG-2 diventa standard ISO/IEC 13818 nel 1995.

Alla fine del 1996 MPEG-2 video è scelto come base per il sistema televisivo digitale terrestre da introdurre in USA (ATV, Advanced TV). E' successivamente adottato per la diffusione digitale da satellite, sempre in USA, per il progetto Direct TV.

Sono gli standard DVB a decretare il successo di MPEG-2 come formato di codifica per la diffusione. Successivamente è adottato dal DVD Forum e infine dal Giappone per i sistemi di diffusione digitale di immagini sia in definizione standard (SDTV), sia in alta definizione (HDTV).

Leonardo Chiariglione è quindi considerato il padre di MPEG ed uno dei principali artefici della nascita della TV digitale.

Nel 1997 la rivista Spectrum della IEEE vuole individuare le ragioni per cui MPEG è riuscito nell'impresa

Traduzione di una parte dell'articolo *"Chiariglione e la nascita di MPEG"*, IEEE Spectrum del1997 [89]

La "Italian connection"

....

In quella combinazione di alti principi e aggressività, tipica di Chiariglione, c'è qualcosa di più che la somiglianza con Napoleone - entrambi infatti sono cresciuti in zone dove le culture francese e italiana si incontrano. È questo, allora, semplicemente un altro caso di una persona eccezionale che piega la storia mondiale alla sua volontà? Oppure è l'ambiente della frontiera franco-italiana in cui Chiariglione è cresciuto e lavorato a produrre, da un processo di ibridazione e mutazione, il seme di MPEG?

Si può citare un fatto. Proprio nel momento in cui Chiariglione concepiva e partoriva MPEG, dall'altro lato della città, presso il Centro Ricerche della Rai, il broadcaster nazionale, era attivo anche un altro e più giovane esperto di codifica video. Marzio Barbero pubblicava lucidi articoli e partecipava a conferenze in giro per il mondo sui sistemi di compressione digitale per materiale video di "qualità contributo" - cioè per il trasferimento elettronico privo di errori delle riprese in studio. Ciò che Barbero stava discutendo era la fattibilità della compressione di un flusso relativo alla TV digitale conforme allo standard 4:2:2 da circa 165 Mbit/s fino a 34 Mbit /s, o di un flusso HDTV d 900 Mbit /s a 140 Mbit/s o inferiore.

Barbero aveva congiunto le forze con un team guidato da Silvio Cucchi in quello che era allora era il laboratorio della Telettra. Situato a Vimercate, alle porte di Milano, aveva iniziato a progettare e produrre chip per la compressione DCT nel 1988. Insieme Barbero e Cucchi avevano prodotto il primo codec HDTV, utilizzando la compressione intra- e inter-frame con compensazione del movimento e DCT ibrida. Riuscirono a realizzare il codec in tempo per fare una dimostrazione a livello europeo, durante i Mondiali di calcio del 1990, di un sistema HDTV completamente digitale di qualità contributo, dimostrando che segnali TV digitali ben definiti potevano di fatto essere compressi e trasferiti tra studi e stazioni trasmittenti .

In quei giorni, quando il Giappone era ancora aggrappato alla sua proposta di sistema HDTV analogico e l'Europa al suo sistema ibrido analogico-digitale, "si pensava che fossimo pazzi a avere come obiettivo il 34 Mbit/s", ha osservato Cucchi lo scorso aprile, quando il laboratorio Vimercate era ormai parte di un complesso di proprietà di Alcatel Francia.

Circa un anno dopo la Coppa di Rai e Telettra, Maurizio Ardito del Centro Ricerche Rai a Torino diceva nel corso di un intervista a Scientific American, "Noi siamo [ancora] a sostegno della strategia Eureka del MAC [il formato televisivo comune europeo]. Ma da un punto di vista tecnico, siamo molto sicuri che il futuro è digitale ".

Ciò accadeva nel 1991. Evidentemente, qualunque siano state le influenze dovute ai collegamenti e interconnessioni personali che possono esserci stati, Chiariglione operava in un ambito nazionale e di cultura tecnica in cui il promettente futuro per la codifica digitale del video era state ampiamente individuato, con largo anticipo.

La raccolta dei dividendi - o no

Non molto tempo dopo la demo del 1990, il lavoro del laboratorio Telettra fu portato all'attenzione di MPEG-2 da Guido Vannucchi, al tempo il capo della Telettra ed uno degli ingegneri delle telecomunicazioni più importanti e influenti d'Italia. Ma poco dopo, Alcatel rilevò il laboratorio di Vimercate, e, non apprezzando il "gioiello" - è il termine usato da Chiariglione - che aveva acquisito, non riuscì a dare un adeguato supporto al gruppo di codifica video. Vannucchi si dimise, e il laboratorio smise di partecipare ad MPEG, mancando quindi - secondo la visione del padre di MPEG - l'opportunità di produrre una soluzione integrata MPEG due o tre anni prima di quanto è accaduto in realta. "Sono dopo tutto un cittadino italiano", ha detto, "e così mi permetto di esprimere retroattivamente il rammarico sull'occasione perduta [per l'Italia, ma anche per il mondo]".

....

di standardizzare la compressione dell'audio e delle immagini video, mentre simili sforzi fino ad ora non erano stati coronati da successo: focalizza l'attenzione sull'Italia e scopre che le tracce conducono a Torino, nel laboratorio di ricerca sulla televisione dove lavora Leonardo Chiariglione [89].

Tra le pietre miliari dello sviluppo dello standard MPEG-2, è indicata la decisione presa a Santa Clara in California nel settembre 1990: consentire la compensazione del movimento solo a livello di macroblocchi (quattro blocchi 8x8 di campioni di luminanza e due blocchi 8x8 di campioni di crominanza).

Per chiarire il ruolo dell'ambito culturale in Italia che possono avere influito l'emergere di MPEG-2, l'articolo comprende una breve sezione che è riprodotta, tradotta, nel riquadro della pagina precedente.

L'influenza della realizzazione del progetto Eureka 256 sugli successivi sviluppi della televisione digitale è ulteriormente testimoniato da uno dei brevetti frutto della collaborazione Telettra-Rai intitolato "Sistema e dispositivo per la multiplazione a pacchetti nella trasmissione di più flussi dati generati da un unico algoritmo" [78]. Questo brevetto è uno degli "essenziali" nel portafoglio di MPEG-2 [90] per la multiplazione dei flussi elementari e di sistema. Gli inventori sono Cucchi e Barbero.

Silvio Cucchi (a sinistra) durante la cerimonia di premiazione degli inventori del 1990 riceve le congratulazioni di Guido Vannucchi (a destra), all'epoca Direttore Generale di Telettra.

Silvio Cucchi è l'inventore di nove dei brevetti realizzati nell'ambito della collaborazione Telettra-Rai riportati in bibliografia [73-86]. Il suo contributo fu essenziale al successo del progetto, in quanto responsabile del team che progettò in Telettra il sistema. Silvio è mancato all'inizio del 2010, a 62 anni. Di lui ci rimane il ricordo della sua eccezionale cultura scientifica, tecnica e realizzativa (trasformava immediatamente le sue intuizioni in percorsi tracciati nel silicio), ma anche della sua cultura umanistica, e soprattutto, della sua umanità. Quando, con il telecomando, selezioniamo un programma, la riproduzione di suoni e immagini è anche merito del suo ingegno.

Encoder e Decoder al Centro Spaziale della NASA a Huston, Texas

Circa sei mesi fa, anche a seguito di una serie di contatti con Guido Vannucchi che stava completando un libro sulla storia della televisione, decisi di raccogliere la documentazione per narrare questa storia e di introdurla partendo da un luogo, il Lingotto, e da una data, l'8 giugno 1990.

All'inizio del 2010 avevo avuto due brevi conversazioni telefoniche con il figlio di Silvio Cucchi: era stato lui a comunicarmi l'inaspettata e dolorosa scomparsa del padre. Nella seconda conversazione mi ricordò la partita di inaugurazione di Italia '90, quando lui e il fratello, entrambi ragazzi, avevano accompanato il padre a Torino, al Lingotto, per assistere all'evento.

Quella sera ero anch'io in quel luogo, tornai a casa e, mentre cenavo, Zaira, mia madre, crollò fra le mie braccia. Era stata colpita da un inctus: la corsa in ambulanza, la diagnosi, poche speranze, secondo i medici, di uscire dal coma. Ne uscì dopo qualche mese, ma per le conseguenze morì dopo circa due anni. Ricordo anche il telegramma di condoglianze inviato da Guido Vannucchi che, lasciata la Telettra, era allora vice direttore generale della Rai.

E' una storia di innovazione tecnologica, ma per me è soprattutto una storia di persone, di impegno comune, di stima reciproca, di affetto.

Dedico queste pagine a mia moglie Natasha, che ho incontrato la prima volta in occasione della presentazione di uno dei miei "lucidi" contributi in una delle "conferenze in giro per il mondo".

Marzio

Torino, 8 giugno, 21 anni dopo

Bibliografia

Articoli pubblicati su Elettronica e Telecomunicazioni

1. *Gianfranco Barbieri:* Codifica dei segnali televisivi ad alta definizione per la trasmissione numerica via satellite. *1988, n. 1*
2. *Roberto Del Pero:* Codifica del segnale televisivo numerico: metodi di riduzione della ridondanza. *1989, n. 1*
3. *Marzio Barbero, Mario Stroppiana:* Codifica del segnale televisivo numerico: sistemi di riduzione della ridondanza mediante l'uso della trasformata coseno discreta. *1989, n. 1*
4. *Marzio Barbero, Silvio Cucchi*: Codifica del segnale televisivo numerico: architettura di un co-decodificatore HDTV utilizzante la DCT. *1990, n. 1*
5. *Marzio Barbero, Roberto Del Pero, Pierangelo Giromini* Codifica del segnale televisivo numerico: struttura di trama per un sistema basato su DCT. *1990, n. 1*
6. *Marzio Barbero, Roberto Bellora, Mario Stroppiana:* Codifica del segnale televisivo numerico: codici a lunghezza variabile applicati ai coefficienti DCT. *1990, n. 1*
7. *Gianfranco Barbieri*: Italia '90: un passo significativo verso la televisione ad alta definizione. *1990, n. 3*
8. *Maurizio Ardito, Gianfranco Barbieri, Mario Cominetti*: Italia '90: prima mondiale di collegamento numerico in HDTV via satellite. *1990, n. 3*
9. *Mario Cominetti, Alberto Morello:* Italia '90: trasmissione numerica punto-multipunto via satellite di segnali HDTV. *1990, n. 3*
10. *Marzio Barbero, Silvio Cucchi, Roberto Del Pero, Giorgio Dimino, Massimo Occhiena, Mario Muratori, Mario Stroppiana:* Italia '90: codifica del segnale televisivo numerico. *1990, n. 3*
11. *Fulvio Bonacossa, Giovanni Moro, Bruno Sacco, Dario Tabone*: Italia '90: stazioni trasmittenti di segnali HDTV numerici via satellite Olympus. *1990, n. 3*
12. *Margherita Ariaudo, Giovanni Cerruti, Giorgio Garazzino*: Italia '90: postazioni riceventi per trasmissioni punto-multipunto di HDTV numerica da satellite. *1990, n. 3*
13. *Dante Tognetti Stefano Del Cont Bernard*: Italia '90: sistema di proiezione HDTV. *1990, n. 3*
14. *Giovanni Battista Greborio, Vincenzo Sardella*: Italia '90: collegamenti in fibra ottica per HDTV. *1990, n. 3*
15. *Mario Muratori*: Codifica del segnale televisivo numerico: tecniche di compensazione del movimento associate alla DCT ibrida, *1991, n. 1*
16. *Roberto Cecatto:* Le riprese televisive in alta definizione in occasione dei campionati mondiali di calcio 1990, *1991, n. 1*
17. Assegnazione del Montreux Achievement Golden Medal all'ing. Marzio Barbero del Centro Ricerche RAI (Montreux, 13-18 giugno 1991), *1991, n. 2*
18. *Secondina Ravera, Luca Rossato:* Codifica del segnale televisivo numerico: stima e compensazione del movimento, *1991, n. 3*
19. *Laurent Boch, Mario Stroppiana:* Codifica del segnale televisivo numerico: quantizzazione e codifica vettoriale dei coefficienti DCT. 1992,n. 1.
20. *Mario Stroppiana, Nicola Zenoni:* Codifica del segnale televisivo numerico: mascheramento degli errori residui di canale. 1993, n. 2.

Articoli pubblicati su rivista Telettra Review

Special Issue for High Definition TV

45 - N° 1 1990

21. *G. Vannucchi*: "A new frontier in image transmission: high-definition television (HDTV). A special issue of Telettra Review"
22. *M. Fichera*: "Un bel di vedremo - RAI's high-definition television venture.
23. *F. Cappuccini, M. Krivocheev*: "The global approach to HDTV standardisation".
24. *D. Grandi, A. Riccomi*: " The main aspects of the technical-economic scenario of television and the EU 95 and EU 256 HDTV projects".
25. *G.F. Barbieri, F. Molo, J.L. Tejerina*: "Bit-rate reduction of HDTV, based on Discrete Cosine Transform".
26. *N. Garcia, F. Guirao, D. Ibáñez, F. Jaureguizar, H. Oest, J.I. Ronda*: "Optimization of HDTV codec algorithms".
27. *M. Cominetti, S. Cucchi, J.A. Garcia Pérez*: "Probles concernig coding and transmission of the HDTV signal: the experimental link for the FIFA".
28. *P. Chiantore, K. Hori*: "The non-broadcast applications of HDTV".
29. *A. Chiari, G. Fierro, S. Miceli, P. Migliorini*: " The virtual standard: a layered architecture organization of a digital television system".

Contributi a convegni, workshop e articoli su riviste internazionali

30. *M. Barbero (Rai):* "Coding of Component TV Signals for a 34 Mbit/s Transmission Rate", Les Assises Des Jeunes Chercheurs, Rennes F, Sept. 1986.
31. *M. Barbero (Rai), G.F. Barbieri (Rai)*: "Considerations on the feasibility of codecs based on DCT for HDTV applications", 1st International Eurasip Workshop on Coding of HDTV, L'Aquila I, Nov. 1986.
32. M. Barbero (Rai), S. Cucchi (Telettra S.p.A.), M. Stroppiana (Rai): "Coding strategies based on DCT for the transmission of HDTV", 2nd Int. Eurasip Workshop on Coding of HDTV, L'Aquila I, 29 Feb. -2 Mar. 1988.
33. *M. Muratori (Rai), M. Stroppiana (Rai)*: "Bit-rate Reduction Techniques for Coding Standard and High Degfinition Signals", Les Assises Des Jeunes Chercheurs, Kingswood Warren UK, Sept. 1988.
34. *G.F. Barbieri (Rai), F. Molo (Telettra S.p.A.), J.L. Tejerina (RTVE)*: "A modular and flexible video codec architecture for application to TV and HDTV", 16th Int. TV Symposium, Montreux CH, June 1989.
35. *M. Barbero (Rai), S. Cucchi (Telettra S.p.A), J.L. Hernando Bailon (Telettra Espana, S.A.),* "A Flexible Architecture for a HDTV Codec based on DCT", 3rd Int. Workshop on HDTV, Torino I, Aug. 1989.
36. *R. Bellora (Politecnico TO), G. Dimino (Rai), M. Muratori (Rai)*, "Hybrid DCT: Comparison of the Statistics of DCT Coefficients and Processing Modes with and without Motion Compensation", 3rd Int. Workshop on HDTV, Torino I, Aug. 1989.
37. *M. Cominetti (Rai):* "Perspectives and Evolution of HDTV by Satellite", 3rd Int. Workshop on HDTV, Torino, Aug. 1989.
38. *R. Del Pero (Rai), P. Giromini (Politecnico TO), A. Morello (Rai), M. Barbero (Rai):* "Criteria for the Protection of the video information in a Codec based on DCT" , 3rd Int. Workshop on HDTV, Torino I, Aug. 1989.
39. *M. Barbero (Rai), M. Stroppiana (Rai):* "Digital coding of HDTV based on discrete cosine transform", Technical Symposium ITU -COM 89, Geneve CH, Oct. 1989.
40. *M. Cominetti (Rai), A. Morello (Rai), M. Visintin (Rai)*, "Digital Transmission of Television Signals by Satellites", Technical Symposium ITU-COM89, Geneve CH, Oct. 1989.

41. *M. Cominetti (Rai), F. Molo (Telettra S.p.A.):* "A Codec for HDTV Signal Transmission through Terrestrial and Satellite Digital Links", Lecture at NAB90, Atlanta USA, 29 Mar. - 3 Apr. 1990.

42. *M. Barbero (Rai), R. Del Pero, M. Muratori (Rai), M. Stroppiana (Rai)*: "Bit-rate reduction techniques based on DCT for HDTV transmission", Supercomm ICC '90, Atlanta USA, 16-19 Apr.1990.

43. *M. Barbero (Rai), M. Muratori (Rai), M. Occhiena (Rai), M. Stroppiana (Rai)*: "A system for the transmission of HDTV signals based on the discrete cosine transform", ISCAS '90, New Orleans, Luisiana USA, 1-3 May 1990.

44. *M. Ardito (Rai), M: Barbero (Rai), D. Ibanez (Retevision)*: "Performance of codecs for bit-rate reduction applied on conventionàl TV and HDTV", IBC '90, Brighton UK, 21-25 Sept. 1990.

45. *M. Cominetti (Rai), A. Morello (Rai):* "Transmisison of Digital HDTV by Satellite: Results of Studies and Experimental Trials", IBC '90, Brighton UK, 21-25 Sept. 1990.

46. *M. Barbero (Rai), R. Del Pero (Rai), S. Ravera (Politecnico TO), L. Rossato (Politecnico TO)*: "The use of bit-rate reduction techniques for the transmission ofvideo signals, DSP90 - 2nd Int. Workshop on Digital Signal Processing Techniques Applied to Space Communications, Torino, Sept. 1990.

47. *M. Ardito (Rai), M. Barbero (Rai)*: "Point-to-Multipoint Transmission of TV and HDTV Signals", ITU/CyBC Seminar on New Technologies in Sound and Television Broadcasting, Nicosia Cipro, Oct.1990.

48. *G. F. Barbieri (Rai), M. Cominetti (Rai):* "Experiments of point-tomultipoint digital transmission of HDTV via satellite during thefootball Worldcup 1990 in Italy". 132nd SMPTE Technical Conference, New York (USA), Oct.1990.

49. *G.F. Barbieri (Rai), M. Cominetti (Rai)*: "Experimental point-to-multipoint digital HDTV transmission via satellite during the Football World Cup 1990", EBU Tech. Review, Dec. 1990.

50. *M. Barbero (Rai), S. Cucchi (Telettra S.p.A.), M. Stroppiana (Rai):* "A bit-rate Reduction System for HDTV Transmission", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, n. 1, March 1991.

51. *M. Barbero (Rai)*: "Eureka 256 and Digital HDTV at the Rai Research Centre", A One-Day Syposium on All-Digital High Definition Television", Columbia University, New York USA, 5 Apr. 1991.

52. *M. Barbero (Rai), S. Cucchi (Telettra S.p.A.), M. Stroppiana (Rai):* "Implementation and performance of a HDTV codec based on the DCT", ISCAS '91, Singapore, 11-14 Jun. 1991.

53. *M. Barbero (Rai), S. Cucchi (Telettra S.p.A.), M. Muratori (Rai):* "Performance of a HDTV codec adopting transform and motion compensation techniques", SPIE 36th Int. Symp., San Diego USA, 21-26 July 1991.

54. *M. Barbero (Rai), G. Dimino, (Rai), M. Stroppiana (Rai):* "Digital Transmission of TV and HDTV Signals with Contribution and Distribution Quality", ISBT, Zhuhai China, 29-30 Aug. 1991.

55. *M. Barbero (Rai), S.Cucchi (Telettra S.p.A), M. Stroppiana (Rai)*: "A Codec for HDTV Transmisison", 4th Int. Workshop on HDTV and beyond, Torino, 4-6 Sept. 1991.

56. *M. Barbero (Rai), H. Hofmann (IRT), N: D. Wells (BBC):* "DCT source coding and current implementation for HDTV", EBU Tech. Review, Spring 1992.

57. *M. Cominetti (Rai), A. Morello (Rai), M. Visintin (Rai):* "Wide RF-band digital emission systems - Performance of advance channel coding and modulation techniques", EBU Tech. Review, Spring 1992.

58. *M. Barbero (Rai), M. Stroppiana (Rai), N. Zenoni (Rai):* A hybrid DCT codec: performance at low bit-rates and in the presence of transmission errors", ISCAS '92, San Diego USA, 10-13 May 1992.

59. *M. Barbero (Rai), M. Stroppiana (Rai):* “Video Compression and Transmission: from Contribution to Secondary Distribution”, 1st European SMPTE Conference, Cologne D, 18-20 Sept. 1992.

60. *M. Barbero (Rai), R. Del Pero(Rai), M. Stroppiana (Rai), N. Zenoni (Rai):* “Digital Distribution of TV and HDTV Signals: Strategies fo Mantain Good Picture Quality in the Presence of Channel Errors”, 3rd Int. Workshop on Digital Signal Processing Techniques Applied to Space Communications, ESTEC Noordwijk NL, 23-25 Sept. 1992.

61. *M. Barbero (Rai), M. Stroppiana (Rai): “*Data compression for HDTV transmission and distribution”, IEE Colloquium on Applications of Video Compression in Broadcasting, London UK, Oct. 1992.

62. *J. Oest (Retevision):* “EBU Demonstations of Wideband Digital HDTV Satellite Brodcsting Technologies during the ITU WARC-92 Conference”, Int. Workshop on HDTV ‘92, Kanagawa J, 18-20 Nov. 1992.

63. J.L. Tejerina *(Retevision), F. Visintin (Vision 1250):* “The HDTV demonstrations at Expo 92”, EBU Tech. Review, Winter 1992.

64. *M. Barbero (Rai):* “Digital coding of TV and HDTV: an overview”, 6th Int. Workshop on Digital Communications, Tirrenia I, 5-9 Sept. 1993.

65. *M. Barbero (Rai), M. Muratori (Rai), G. Salafia, M. Stroppiana (Rai):* “A twin hybrid DCT pyramidal coding system”, Int. Workshop on HDTV ‘93, Ottawa Canada, 26-28 Oct. 1993.

66. *M. Muratori (Rai), Stroppiana (Rai), Yukihiro Nishida (NHK):* “Coding Efficiency pf Systems adopting Progressive, Deinterlaced and Interlaced Formats”, Int. Workshop on HDTV ‘93, Ottawa Canada, 26-28 Oct. 1993.

67. *M. Barbero (Rai), M. Stroppiana (Rai):* “Video compression techniques and multilevel approaches”, SMPTE Journal, 1994, vol. 103, n° 5.

68. *M. Ardito (Rai), M. Barbero (Rai)*: “Towards a World of Compressed Pictures - Quality and Impariments”, BroadcastAsia Conference, Singapore, 1-3 Jun. 1994.

69. *M. Ardito (Rai), M. Barbero (Rai), M. Stroppiana (Rai), M. Visca (Rai)*: “Compression and Quality”, 7th Int. Workshop on HDTV, Torino I, 26-28 Oct. 1994.

70. *M. Barbero (Rai), M. Stroppiana (Rai):* “Un futuro di immagini compresse: applicazioni e qualità”, Alta Frequenza, vol. 7, n. 5, set-ott. 1995.

71. *M. Barbero (Rai), L. Boch (Rai), R: Del Pero (Rai), M. Stroppiana (Rai):* “Towards Digital Production and Storage of Compressed Video: How to find the Right Path”, BroadcastAsia96, Singapore, 4-7 Jun. 1994.

72. *M. Barbero (Rai):* “Transform Coding: JPEG: JPEG, M-JPEG and MPEG”, EBU Tech. Seminar “Sifting the Hipe”, Montreux CH, 11-13 Dec. 1995.

Brevetti

(sono indicati i dati relativi al brevetto USA: nell’ordine, nomi degli inventori, data di deposito e, fra parentesi, numero, infine è indicata la data di deposito, anteriore, per il corrispondente brevetto italiano)

73. *S. Cucchi, V. Corradi*: “System and device to interface asynchronous apparatuses”, 23/9/87 (4899352), 25/9/86.

74. *S. Cucchi, V. Corradi, S. Capriata*: “Variable length code and devices for high frequency transmission”, 4/11/87 (4937573), 9/10/86.

75. *S. Cucchi, M. Modena, R. Peruta:* “System for processing color television signals with amplitude modulation encoded chrominance information”, 14/12/87 (4894710), 17/12/86.

76. *S. Cucchi, S. Carbone: “*System and circuits for the processing and transmission of a clock signal, in particular of the video synchronization frequency”, 14/6/89 (5025460), 14/6/88.

77. *S. Cucchi: “*System and devices for transmitting signals consisting of data blocks”, 22/11/89, (5146462), 23/11/88.

78. *S. Cucchi, M. Barbero*: "System and device for package multiplexing in transmission of many data flows generated by a sole algorithm", 21/12/89, (4970590), 21/12/88.

79. *S. Cucchi, M. Barbero*: "Method and system for transmitting packages of data", 5/6/90, (5227876), 7/6/89.

80. *S. Cucchi, M. Fratti*: "System and circuit for the calculation of the bidimensional discrete transform", 1/7/90, (5197021), 13/7/89.

81. *A. Rossi, A. Campos*: "System and multiplexer/demultiplexer for the transmission/reception of digital television information", 30/10/90, (5202886), 31/10/89.

82. *S. Cucchi, G. Parladori, P. Zapparoli:* "System, devices and algorithms for the error correction in digital transmission", 12/2/91, (5329534), 14/2/90.

83. *S. Cucchi, G. Parladori, G. Vecchietti, M. Modena:* "System including packet structure and devices for transmitting and processing output information from a signal encoder", 5/2/91, (5228028), 6/2/90.

84. *M. Barbero, M. Muratori, M. Stroppiana:* "Method for encoding and transmitting video signals as overall motion vectors and local motion vectors", 6/3/90 (5006929), 25/9/89.

85. *M. Stroppiana, L. Ronchetti :* "Device for reducing the redundancy in blocks of digital video data in DCT encoding", 6/3/90 (5006930), 4/7/89.

86. *L. Ronchetti, M. Stroppiana:* "System for controlling a variable source by the feedback of the running mode, and relevant circuit", 11/12/92 (5862410), 21/12/88.

Altro

87. *N. Ahmed, T. Natarajan, and K. R. Rao,* "Discrete Cosine Transform", IEEE Trans. Computers, 90-93, Jan 1974

88. *K. R. Rao, P. Yip*: "Discrele Cosine Transform: Algorithms,Advantages, Applications", Academic Press Inc., 1990.

89. W. Sweet: "Chiariglione and the birth of MPEG", Spectrum IEEE, vol. 34, Issue 9, Sep. 1997

90. http://www.mpegla.com

Indice degli Autori
degli articoli riprodotti nella Parte II

LeMiniSerie
già pubblicate

www.crit.rai.it/eletel/LeMiniSerie/indice.html

"Elettronica e Telecomunicazioni",
nata nel 1952 come "Elettronica e Televisione Italiana", è una rivista quadrimestrale di Rai Eri realizzata dal Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica della Rai, sul cui sito è disponibile gratuitamente dal 2001.

Il Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica (CRIT) della Rai nasce a Torino nel 1930 come "Laboratorio Ricerche" e dal 1960 ha sede in Corso Giambone 68. Successivamente assume la denominazione "Centro Ricerche" e, dall'ottobre 1999, quella attuale.
L'attività del Centro è coordinata dalla Direzione Strategie Tecnologiche.
Alla nascita, tra i suoi obiettivi ha la progettazione e realizzazione di impianti ed apparati di nuova concezione, non reperibili sul mercato. I profondi cambiamenti nello scenario delle telecomunicazioni hanno stimolato la trasformazione del Centro.
Ha ricevuto riconoscimenti a livello internazionale per i contribuiti forniti alle attività di studio e normalizzazione dei sistemi per la codifica dei segnali audio e video in forma digitale, allo sviluppo delle tecniche di compressione dei segnali attualmente alla base dei sistemi di trasmissione e registrazione dei segnali video, alla definizione degli standard di diffusione e trasmissione DVB.
Il Centro contribuisce all'evoluzione delle tecnologie relative al sistema radiotelevisivo e multimediale e supporta il Gruppo nelle scelte di indirizzo tecnologico e nella fase di sperimentazione e introduzione in esercizio di nuovi prodotti e sistemi. E' attivo in numerosi progetti finanziati in ambito europeo e nazionale e collabora con Università e Industrie per l'attività di ricerca, per la definizione dei nuovi standard e lo sviluppo dei nuovi servizi.

Rai Radiotelevisione S.p.A.
Centro Ricerche e Innovazione Tecnologica
Corso E. Giambone, 68 - I 10135 Torino
www.crit.rai.it